

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-224421

(43)Date of publication of application : 11.08.2000

(51)Int.Cl.

H04N 1/409

G06T 5/20

(21)Application number : 11-026407

(71)Applicant : FUJI PHOTO FILM CO LTD

(22)Date of filing : 03.02.1999

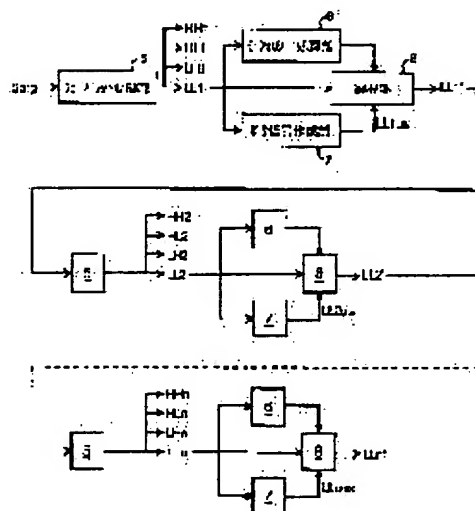
(72)Inventor : YAMADA MASAHIKO

## (54) IMAGE PROCESSING METHOD AND DEVICE AND RECORDING MEDIUM

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To remove only noise components included in image and to provide processed image signals capable of reproducing the image of high image quality.

**SOLUTION:** Wavelet transformation is executed in a wavelet transformation part 5 to source image signals Sorg and signals HH1, HL1, LH1 and LL1 are obtained. The blur signals LL1us of the signals LL1 are obtained in a blur signal preparation part and the noise components of the signals LL1 are extracted by executing a morphology processing to the signals LL1 in a morphology processing part 6. In a selection part 8, the signals LL1 and the blur signals LL1us are selected and processed signals LL1' are obtained based on a noise extracted result in the morphology processing part 6. The processing is repeated and the signals HH1-HHn, HL1-HLn and LH1-LHn and the processed signals LL1'-LLn' are obtained. Then, inverse wavelet transformation is executed to the signals and the processed image signals Sproc are obtained.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

• •

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-224421

(P2000-224421A)

(43)公開日 平成12年8月11日(2000.8.11)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

FI

テラトド(参考)

H04N 1/409

H04N 1/40

101C

5B057

G06T 5/20

G06F 15/68

400A

5C077

審査請求 未請求 請求項の数18 OL (全15頁)

(21)出願番号

特願平11-26407

(22)出願日

平成11年2月3日(1999.2.3)

(71)出願人 000005201

富士写真フイルム株式会社

神奈川県南足柄市中沼210番地

(72)発明者 山田 雅彦

神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富

士写真フイルム株式会社内

(74)代理人 100073184

弁理士 柳田 征史 (外1名)

Fターム(参考) 5B057 AA08 BA03 CA02 CA08 CA12

CB02 CB08 CB12 CD05 CD08

CD20 CE02 CE06 CH08 CH11

DA17 DB02 DB05 DB09

5C077 LL02 MP01 NP01 PP20 PP49

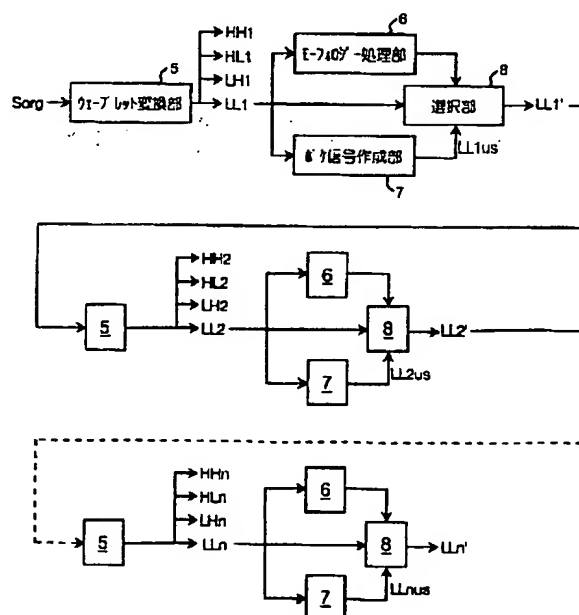
PQ12 PQ22

(54)【発明の名称】 画像処理方法および装置並びに記録媒体

(57)【要約】

【課題】 画像中に含まれるノイズ成分のみを除去して高画質の画像を再現可能な処理済み画像信号を得る。

【解決手段】 原画像信号 Sorg に対してウェーブレット変換部 5 においてウェーブレット変換を施して信号 HH1, HL1, LH1, LL1 を得る。ボケ信号作成部において信号 LL1 のボケ信号 LL1us を求め、モーフロジー処理部 6 において信号 LL1 にモーフロジー処理を施して信号 LL1 のノイズ成分を抽出する。選択部 8 においてモーフロジー処理部 6 におけるノイズ抽出結果に基づいて、信号 LL1 とボケ信号 LL1us とを選択して処理済み信号 LL1' を得る。上記処理を繰り返して信号 HH1~HHn, HL1~HLn, LH1~LHn および処理済み信号 LL1'~LLn' を得る。そしてこれらの信号に対して逆ウェーブレット変換を施して処理済み画像信号 Sproc を得る。



(2)

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 画像信号に対して多重解像度変換処理を施して、該画像信号を複数の周波数帯域毎の画像を表す周波数帯域画像信号に分解する過程において得られる所定の周波数帯域の所定周波数帯域画像信号に対してノイズ抽出処理を施し、

該ノイズ抽出処理の結果に基づいて該所定周波数帯域画像信号に対してノイズ除去処理を施して処理済み周波数帯域画像信号を得、

該処理済み周波数帯域画像信号に対して多重解像度変換処理を施して前記所定周波数帯域よりも1段階低周波数帯域の周波数帯域画像信号を得、

該1段階低周波数帯域の周波数帯域画像信号を前記所定周波数帯域画像信号とする前記ノイズ抽出処理、前記ノイズ除去処理および前記多重解像度変換処理を所望とする周波数帯域まで繰り返し行うことにより、各周波数帯域毎の処理済み周波数帯域画像信号を得、

前記処理済み周波数帯域画像信号に対して逆多重解像度変換処理を施すことにより処理済み画像信号を得ることを特徴とする画像処理方法。

【請求項2】 前記ノイズ抽出処理を、前記所定周波数帯域画像信号に対して、多重構造要素 $B_i$ およびスケール係数 $\lambda$ を用いたモーフォロジー演算を施すことにより行うことを特徴とする請求項1記載の画像処理方法。

【請求項3】 画像信号に対して多重解像度変換処理を施して、該画像信号を複数の周波数帯域毎の画像を表す周波数帯域画像信号に分解し、

該周波数帯域画像信号に対して逆多重解像度変換処理を施す過程において得られる所定の周波数帯域の所定周波数帯域画像信号に対してノイズ抽出処理を施し、

該ノイズ抽出処理の結果に基づいて該所定周波数帯域画像信号に対してノイズ除去処理を施して処理済み周波数帯域画像信号を得、

該処理済み周波数帯域画像信号に対して逆多重解像度変換処理を施して前記所定周波数帯域よりも1段階高周波数帯域の周波数帯域画像信号を得、

該1段階高周波数帯域の周波数帯域画像信号を前記所定周波数帯域画像信号とする前記ノイズ抽出処理、前記ノイズ除去処理および前記逆多重解像度変換処理を最高周波数帯域まで繰り返し行うことにより、処理済み画像信号を得ることを特徴とする画像処理方法。

【請求項4】 前記ノイズ抽出処理を、前記所定周波数帯域画像信号に対して、多重構造要素 $B_i$ およびスケール係数 $\lambda$ を用いたモーフォロジー演算を施すことにより行うことを特徴とする請求項3記載の画像処理方法。

【請求項5】 画像信号に対して多重解像度変換処理を施して、該画像信号を複数の周波数帯域毎の画像を表す周波数帯域画像信号に分解し、

前記周波数帯域画像信号のうち所定の周波数帯域の所定周波数帯域画像信号に対してノイズ抽出処理を施し、

2

該ノイズ抽出処理の結果に基づいて該所定周波数帯域画像信号に対してノイズ除去処理を施して処理済み周波数帯域画像信号を得、

前記処理済み周波数帯域画像信号および他の周波数帯域の周波数帯域画像信号に対して逆多重解像度変換処理を施すことにより処理済み画像信号を得ることを特徴とする画像処理方法。

【請求項6】 前記ノイズ抽出処理を、前記所定周波数帯域画像信号に対して、多重構造要素 $B_i$ およびスケール係数 $\lambda$ を用いたモーフォロジー演算を施すことにより行うことを特徴とする請求項5記載の画像処理方法。

【請求項7】 画像信号に対して多重解像度変換処理を施す多重解像度変換処理手段と、

該多重解像度変換処理手段において前記画像信号を複数の周波数帯域毎の画像を表す周波数帯域画像信号に分解する過程において得られる所定の周波数帯域の所定周波数帯域画像信号に対してノイズ抽出処理を施すノイズ抽出処理手段と、

該ノイズ抽出処理の結果に基づいて該所定周波数帯域画像信号に対してノイズ除去処理を施して処理済み周波数帯域画像信号を得るノイズ除去手段と、

前記多重解像度変換処理手段において、該処理済み周波数帯域画像信号に対して多重解像度変換処理を施して前記所定周波数帯域よりも1段階低周波数帯域の周波数帯域画像信号を得、前記ノイズ抽出処理手段、前記ノイズ除去手段および前記多重解像度変換処理手段において、前記1段階低周波数帯域の周波数帯域画像信号を前記所定周波数帯域画像信号とする前記ノイズ抽出処理、前記ノイズ除去処理および前記多重解像度変換処理を所望とする周波数帯域まで繰り返し行うことにより、各周波数帯域毎の処理済み周波数帯域画像信号を得る制御手段と、

前記処理済み周波数帯域画像信号に対して逆多重解像度変換処理を施すことにより処理済み画像信号を得る逆多重解像度変換処理手段とを備えたことを特徴とする画像処理装置。

【請求項8】 前記ノイズ抽出処理手段は、前記ノイズ抽出処理を、前記所定周波数帯域画像信号に対して、多重構造要素 $B_i$ およびスケール係数 $\lambda$ を用いたモーフォロジー演算を施すことにより行う手段であることを特徴とする請求項7記載の画像処理装置。

【請求項9】 画像信号に対して多重解像度変換処理を施して、該画像信号を複数の周波数帯域毎の画像を表す周波数帯域画像信号に分解する多重解像度変換処理手段と、

前記周波数帯域画像信号に対して逆多重解像度変換処理を施す逆多重解像度変換処理手段と、

該逆多重解像度変換処理手段において、前記逆多重解像度変換処理を施す過程において得られる所定の周波数帯域の所定周波数帯域画像信号に対してノイズ抽出処理を

(3)

3

施すノイズ抽出処理手段と、

該ノイズ抽出処理の結果に基づいて該所定周波数帯域画像信号に対してノイズ除去処理を施して処理済み周波数帯域画像信号を得るノイズ除去手段と、

前記逆多重解像度変換処理手段において、前記処理済み周波数帯域画像信号に対して逆多重解像度変換処理を施して前記所定周波数帯域よりも1段階高周波数帯域の周波数帯域画像信号を得、前記ノイズ抽出処理手段、前記ノイズ除去手段および前記逆多重解像度変換処理手段において、前記1段階高周波数帯域の周波数帯域画像信号を前記所定周波数帯域画像信号とする前記ノイズ抽出処理、前記ノイズ除去処理および前記逆多重解像度変換処理を最高周波数帯域まで繰り返し行うことにより、処理済み画像信号を得る制御手段とを備えたことを特徴とする画像処理装置。

【請求項10】 前記ノイズ抽出処理手段は、前記ノイズ抽出処理を、前記所定周波数帯域画像信号に対して、多重構造要素 $B_i$ およびスケール係数 $\lambda$ を用いたモーフォロジー演算を施すことにより行う手段であることを特徴とする請求項9記載の画像処理装置。

【請求項11】 画像信号に対して多重解像度変換処理を施して、該画像信号を複数の周波数帯域毎の画像を表す周波数帯域画像信号に分解する多重解像度変換処理手段と、

前記周波数帯域画像信号のうち所定の周波数帯域の所定周波数帯域画像信号に対してノイズ抽出処理を施すノイズ抽出処理手段と、

該ノイズ抽出処理の結果に基づいて該所定周波数帯域画像信号に対してノイズ除去処理を施して処理済み周波数帯域画像信号を得るノイズ除去手段と、

前記処理済み周波数帯域画像信号および他の周波数帯域の周波数帯域画像信号に対して逆多重解像度変換処理を施すことにより処理済み画像信号を得る逆多重解像度変換処理手段とを備えたことを特徴とする画像処理装置。

【請求項12】 前記ノイズ抽出処理手段は、前記ノイズ抽出処理を、前記所定周波数帯域画像信号に対して、多重構造要素 $B_i$ およびスケール係数 $\lambda$ を用いたモーフォロジー演算を施すことにより行う手段であることを特徴とする請求項11記載の画像処理装置。

【請求項13】 画像信号に対して多重解像度変換処理を施して、該画像信号を複数の周波数帯域毎の画像を表す周波数帯域画像信号に分解する過程において得られる所定の周波数帯域の所定周波数帯域画像信号に対してノイズ抽出処理を施す手順と、

該ノイズ抽出処理の結果に基づいて該所定周波数帯域画像信号に対してノイズ除去処理を施して処理済み周波数帯域画像信号を得る手順と、

該処理済み周波数帯域画像信号に対して多重解像度変換処理を施して前記所定周波数帯域よりも1段階低周波数帯域の周波数帯域画像信号を得る手順と、

4

該1段階低周波数帯域の周波数帯域画像信号を前記所定周波数帯域画像信号とする前記ノイズ抽出処理、前記ノイズ除去処理および前記多重解像度変換処理を所望とする周波数帯域まで繰り返し行うことにより、各周波数帯域毎の処理済み周波数帯域画像信号を得る手順と、

前記処理済み周波数帯域画像信号に対して逆多重解像度変換処理を施すことにより処理済み画像信号を得る手順とを有する画像処理方法をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体。

【請求項14】 前記ノイズ抽出処理を行う手順は、前記所定周波数帯域画像信号に対して、多重構造要素 $B_i$ およびスケール係数 $\lambda$ を用いたモーフォロジー演算を施すことにより行う手順であることを特徴とする請求項13記載のコンピュータ読取り可能な記録媒体。

【請求項15】 画像信号に対して多重解像度変換処理を施して、該画像信号を複数の周波数帯域毎の画像を表す周波数帯域画像信号に分解する手順と、

該周波数帯域画像信号に対して逆多重解像度変換処理を施す過程において得られる所定の周波数帯域の所定周波数帯域画像信号に対してノイズ抽出処理を施す手順と、

該ノイズ抽出処理の結果に基づいて該所定周波数帯域画像信号に対してノイズ除去処理を施して処理済み周波数帯域画像信号を得る手順と、

該処理済み周波数帯域画像信号に対して逆多重解像度変換処理を施して前記所定周波数帯域よりも1段階高周波数帯域の周波数帯域画像信号を得る手順と、

該1段階高周波数帯域の周波数帯域画像信号を前記所定周波数帯域画像信号とする前記ノイズ抽出処理、前記ノイズ除去処理および前記逆多重解像度変換処理を最高周波数帯域まで繰り返し行うことにより、処理済み画像信号を得る手順とを有する画像処理方法をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体。

【請求項16】 前記ノイズ抽出処理を行う手順は、前記所定周波数帯域画像信号に対して、多重構造要素 $B_i$ およびスケール係数 $\lambda$ を用いたモーフォロジー演算を施すことにより行う手順であることを特徴とする請求項15記載のコンピュータ読取り可能な記録媒体。

【請求項17】 画像信号に対して多重解像度変換処理を施して、該画像信号を複数の周波数帯域毎の画像を表す周波数帯域画像信号に分解する手順と、

前記周波数帯域画像信号のうち所定の周波数帯域の所定周波数帯域画像信号に対してノイズ抽出処理を施す手順と、

該ノイズ抽出処理の結果に基づいて該所定周波数帯域画像信号に対してノイズ除去処理を施して処理済み周波数帯域画像信号を得る手順と、

前記処理済み周波数帯域画像信号および他の周波数帯域の周波数帯域画像信号に対して逆多重解像度変換処理を

(4)

5

施すことにより処理済み画像信号を得る手順とを有する画像処理方法をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体。

【請求項18】 前記ノイズ抽出処理を行う手順は、前記所定周波数帯域画像信号に対して、多重構造要素 $B_i$ およびスケール係数 $\lambda$ を用いたモーフォロジー演算を施すことにより行う手順であることを特徴とする請求項17記載のコンピュータ読取り可能な記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、画像信号を多重解像度変換して画像処理を施す画像処理方法および装置並びに画像処理方法をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体に関するものである。

【0002】

【従来の技術】画像を表す画像信号を得、この画像信号に適切な画像処理を施した後、画像を再生表示することが種々の分野で行われている。例えば放射線画像の診断性能を向上させるために、画像信号に対してボケマスク処理等の周波数強調処理を施す方法が本出願人により提案されている(特開昭55-163772等)。この周波数処理は、原画像を表す画像信号からボケマスク信号を減算したものに強調度を乗じたものを加える処理を施すもので、これにより画像において所定の空間周波数成分を強調するようにしたものである。

【0003】一方、上述した画像信号を処理するための方法として、画像を複数の周波数帯域毎の多重解像度画像に変換し、各周波数帯域の画像に対して所定の処理を行って、再度これを逆多重解像度変換することにより、最終的な処理済み画像を得るための多重解像度変換なる方法が提案されている。この多重解像度変換の方法としてはウェーブレット変換、ラブラシアンピラミッド等の方法が知られている。

【0004】ここで、ウェーブレット変換について説明する。ウェーブレット変換は、周波数解析の方法として近年開発されたものであり、ステレオのパターンマッチング、データ圧縮等に応用がなされているものである(OLIVIER RIOUL and MARTIN VETTERLI; Wavelets and Signal Processing, IEEE SP MAGAZINE, P.14-38, OCTOBER 1991, Stephane Mallat; Zero-Crossings of a Wavelet Transform, IEEE TRANSACTIONS ON INFORMATION THEORY, VOL.37, NO.4, P.1019-1033, JULY 1991)。

【0005】一方、ラブラシアンピラミッドなる方法は例えば特開平5-244508号、特開平6-96200、特開平6-301766号に記載されており、このラブラシアンピラミッドは、原画像に対してガウス関数で近似されたようなマスクによりマスク処理を施した後、画像をサブサンプリングして画素数を間引いて半分にすることにより、原画像の $1/4$ のサイズのボケ画像を得、このボケ画像のサン

6

プリングされた画素に値が0の画素を補間して元の大きさの画像に戻し、この画像に対してさらに上述したマスクによりマスク処理を施してボケ画像を得、このボケ画像を原画像から減算して原画像の所定の周波数帯域を表す細部画像を得るものである。この処理を得られたボケ画像に対して繰り返すことにより原画像の $1/2^{2N}$ の大きさのボケ画像を $N$ 個作成するものである。ここで、ガウス関数で近似されたようなマスクによりマスク処理を施した画像に対してサンプリングを行っているため、実際にはガウシアンフィルタを用いているが、ラブラシアンフィルタをかけた場合と同様の処理済み画像が得られる。そしてこのように原画像サイズの画像から順に $1/2^{2N}$ の大きさの低周波数帯域の画像が得られるため、この処理の結果得られた画像はラブラシアンピラミッドと呼ばれる。

【0006】なお、このラブラシアンピラミッドについては、Burt P.J., "Fast Filter Transforms for Image Processing", Computer Graphics and Image Processing 16巻、20~51頁、1981年; Crowley J.L., Stern R. M., "Fast Computation of the Difference of Low-Pass Transform" IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence、6巻、2号、1984年3月、Mallat S.G., "A Theory for Multiresolution Signal Decomposition; The Wavelet Representation" IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence、11巻、7号、1989年7月; Ebrahimi T., Kunt M., "Image compression by Gabor Expansion", Optical Engineering, 30巻、7号、873~880頁、1991年7月、および Pieter Vuytsteke, Emile Schoeters, "Multiscale Image Contrast Amplification" SPIE Vol. 2167 Image Processing (1994), pp551~560 に詳細が記載されている。

【0007】一方、放射線画像においては、放射線量が少なく濃度が低い部分において、放射線の量子ノイズが目立ってしまう。このため、放射線画像を表す画像信号をウェーブレット変換等の手法により多重解像度変換して複数の周波数帯域毎の周波数帯域画像信号を得、各周波数帯域画像信号に対してノイズを低減する処理を施す方法が種々提案されている(特開平6-274615号、同9-212623号等)。

【0008】例えば特開平6-274615号には、スムージング関数の2次導関数を基本ウェーブレット関数として、画像信号をウェーブレット変換することにより複数の周波数帯域毎の周波数帯域画像信号を得、各周波数帯域画像信号に対して画像処理を施す際に、所望とする周波数帯域よりも1段階低周波側の周波数帯域の信号値が0となる点を検出し、検出された0点付近が他の部分よりも大きい値となるような強調係数を設定し、この設定された強調係数により所望とする周波数帯域の周波数帯域画像信号を強調し、さらに処理が施された周波数帯域画像信号と他の周波数帯域画像信号とを逆ウェーブレット変

(5)

7

換して最終的な処理済み画像信号を得るようにした方法が提案されている。ここで、放射線画像のうち、主要被写体はウェーブレット変換後の複数の周波数帯域の信号のうち比較的低い周波数帯域に表現され、ノイズ成分は比較的高い周波数帯域に表現されるものである。したがって、複数の周波数帯域の信号のうち、低い周波数帯域の信号の値が0となっている0点は、主要被写体と他の部分の境目である画像信号の変曲点、すなわち主要被写体のエッジ部分に関連した部分であり、高い周波数帯域の信号の値が0となっている0点は、ノイズ成分に関連した部分である可能性が高い。このため、比較的低い周波数帯域の信号の0点付近の値が大きくなるような強調係数を設定し、この強調係数をこの0点を求めた周波数帯域よりも1段階高い周波数帯域の信号に乗算することにより、この1段階高い周波数帯域の信号は、主要被写体のエッジ部分に対応する部分が強調された信号とすることができ、これにより主要被写体のエッジに対応する部分のみが強調された信号を得ることができる。

【0009】また、特開平9-212623号には、画像信号をウェーブレット変換することにより複数の周波数帯域毎の周波数帯域画像信号を得、各周波数帯域画像信号において所定の閾値以下の信号値を0とする処理を施し、処理が施された周波数帯域画像信号を逆ウェーブレット変換することにより最終的な処理済み画像信号を得るようにした方法が提案されている。この方法によれば、ノイズが目立つ比較的信号値の低濃度部分の信号値が0となるため、画像中のノイズとみなせる低濃度部分を0とすることができ、これにより画像中のノイズ成分を除去することができる。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】上記特開平6-274615号に記載された方法は、所望とする周波数帯域よりも1段階低周波側の周波数帯域の信号値に基づいて所望とする周波数帯域画像信号の強調を行っているが、所望とする周波数帯域において微小構造を有する被写体を表す信号は、低周波帯域側の周波数帯域画像信号に反映されないため微小構造は強調されず、最終的に得られる処理済み画像信号において微小構造の被写体が目立たないものになってしまう。

【0011】また、上記特開平9-212623号に記載された方法は、所定値以下の周波数帯域画像信号を全て0としてしまうため、画像中の構造物であっても信号値が所定値以下となるとノイズとみなされて処理済み画像信号から除去されてしまうこととなる。

【0012】本発明は上記事情に鑑みなされたものであり、画像中に含まれるノイズ成分のみを除去することができる画像処理方法および装置並びに画像処理方法をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体を提供することを目的とするものである。

8

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明による第1の画像処理方法は、画像信号に対して多重解像度変換処理を施して、該画像信号を複数の周波数帯域毎の画像を表す周波数帯域画像信号に分解する過程において得られる所定の周波数帯域の所定周波数帯域画像信号に対してノイズ抽出処理を施し、該ノイズ抽出処理の結果に基づいて該所定周波数帯域画像信号に対してノイズ除去処理を施して処理済み周波数帯域画像信号を得、該処理済み周波数帯域画像信号に対して多重解像度変換処理を施して前記所定周波数帯域よりも1段階低周波数帯域の周波数帯域画像信号を得、該1段階低周波数帯域の周波数帯域画像信号を前記所定周波数帯域画像信号とする前記ノイズ抽出処理、前記ノイズ除去処理および前記多重解像度変換処理を所望とする周波数帯域まで繰り返し行うことにより、各周波数帯域毎の処理済み周波数帯域画像信号を得、前記処理済み周波数帯域画像信号に対して逆多重解像度変換処理を施すことにより処理済み画像信号を得ることを特徴とするものである。

【0014】ここで、「多重解像度変換処理」としては、上述したウェーブレット変換、ラブラシアンピラミッド等の手法を用いることができる。

【0015】また、「1段階低周波数帯域の周波数帯域画像信号を前記所定周波数帯域画像信号とする前記ノイズ抽出処理、前記ノイズ除去処理および前記多重解像度変換処理を所望とする周波数帯域まで繰り返し行う」とは、所定周波数帯域の処理済み周波数帯域画像信号に対して多重解像度変換処理を施すことにより得られる、所定周波数帯域よりも1段階低周波数帯域の周波数帯域画像信号に対して、ノイズ抽出処理およびノイズ除去処理を施して1段階低周波数帯域の処理済み周波数帯域画像信号を得、さらにこの処理済み周波数帯域画像信号に対する多重解像度変換処理、ノイズ抽出処理およびノイズ除去処理を、所望とする周波数帯域まで繰り返し施して複数の周波数帯域毎の処理済み周波数帯域画像信号を得ることをいう。

【0016】本発明による第2の画像処理方法は、画像信号に対して多重解像度変換処理を施して、該画像信号を複数の周波数帯域毎の画像を表す周波数帯域画像信号に分解し、該周波数帯域画像信号に対して逆多重解像度変換処理を施す過程において得られる所定の周波数帯域の所定周波数帯域画像信号に対してノイズ抽出処理を施し、該ノイズ抽出処理の結果に基づいて該所定周波数帯域画像信号に対してノイズ除去処理を施して処理済み周波数帯域画像信号を得、該処理済み周波数帯域画像信号に対して逆多重解像度変換処理を施して前記所定周波数帯域よりも1段階高周波数帯域の周波数帯域画像信号を得、該1段階高周波数帯域の周波数帯域画像信号を前記所定周波数帯域画像信号とする前記ノイズ抽出処理、前記ノイズ除去処理および前記逆多重解像度変換処理を最



(6)

9

高周波数帯域まで繰り返し行うことにより、処理済み画像信号を得ることを特徴とするものである。

【0017】ここで、「1段階高周波数帯域の周波数帯域画像信号を前記所定周波数帯域画像信号とする前記ノイズ抽出処理、前記ノイズ除去処理および前記逆多重解像度変換処理を最高周波数帯域まで繰り返し行う」とは、所定周波数帯域の処理済み周波数帯域画像信号に対して逆多重解像度変換処理を施すことにより得られる、所定周波数帯域よりも1段階高周波数帯域の周波数帯域画像信号に対して、ノイズ抽出処理およびノイズ除去処理を施して1段階高周波数帯域の処理済み周波数帯域画像信号を得、さらにこの処理済み周波数帯域画像信号に対する逆多重解像度変換処理、ノイズ抽出処理およびノイズ除去処理を、最高周波数帯域まで繰り返し施して処理済み画像信号を得ることをいう。

【0018】本発明による第3の画像処理方法は、画像信号に対して多重解像度変換処理を施して、該画像信号を複数の周波数帯域毎の画像を表す周波数帯域画像信号に分解し、前記周波数帯域画像信号のうち所定の周波数帯域の所定周波数帯域画像信号に対してノイズ抽出処理を施し、該ノイズ抽出処理の結果に基づいて該所定周波数帯域画像信号に対してノイズ除去処理を施して処理済み周波数帯域画像信号を得、前記処理済み周波数帯域画像信号および他の周波数帯域の周波数帯域画像信号に対して逆多重解像度変換処理を施すことにより処理済み画像信号を得ることを特徴とするものである。

【0019】ここで、第3の画像処理方法における「所定の周波数帯域」とは1つの周波数帯域のみならず複数の周波数帯域であってもよいものである。

【0020】なお、本発明による第1から第3の画像処理方法においては、前記ノイズ除去処理は、前記ノイズ抽出処理の結果に基づいて、前記所定周波数帯域画像信号におけるノイズに相当する信号値を、該所定周波数帯域画像信号をぼかしたボケ周波数帯域画像信号の信号値とし、ノイズ以外に相当する信号値を前記所定周波数帯域画像信号の信号値とする処理であることが好ましい。

【0021】また、本発明による第1から第3の画像処理方法においては、前記ノイズ抽出処理を、前記所定周\*

$$g^s(x) = g(-x) \quad (1)$$

【0029】であり、定義域内で値が0で、その定義域Gが下記式(2)であるとする。

$$G = \{-m, -m+1, \dots, -1, 0, 1, \dots, m-1, m\} \quad (2)$$

【0031】このとき、モーフォロジー演算の基本形は式(3)～(6)に示すように、非常に簡単な演算となる。

10

\*波数帯域画像信号に対して、多重構造要素Bi およびスケール係数入を用いたモーフォロジー演算を施すことにより行うことが好ましい。

【0022】ここで、モーフォロジー処理について説明する。モーフォロジー(Morphology; モーフォロジーまたはモルフォロジーとも称する)処理は、特に乳癌における特徴的形態である微小石灰化像を検出するのに有効な手法として研究されているが、対象画像としてはこのようなマンモグラムにおける微小石灰化像に限るものではなく、検出しようとする特定の画像部分(異常陰影、ノイズ等)の大きさや形状が予めある程度分かっているものについては、いかなる画像に対しても適用することができる。

【0023】そしてこのモーフォロジー処理は、マルチスケール入と構造要素(マスク)Bを用いて処理を行い、(1)石灰化像やノイズそのものの抽出に有効であること、(2)複雑なバックグラウンド情報に影響されにくいこと、(3)抽出した石灰化像がひずまないこと、等の特徴がある。

【0024】すなわち、この手法は一般の微分処理に比べて、石灰化像やノイズのサイズ・形状・濃度分布等の幾何学的情報をよりよく保って検出することができる。

【0025】(モーフォロジーの基本演算)モーフォロジー処理は一般的にはN次元空間における集合論として展開されるが、直感的な理解のために2次元の濃淡画像を対象として説明する。

【0026】濃淡画像を座標(x, y)の点が濃度値f(x, y)に相当する高さをもつ空間とみなす。ここで、濃度値f(x, y)は、濃度が低い(CRTに表示した場合には輝度が高い)程大きな画像信号値となる高輝度高信号レベルの信号とする。

【0027】まず、簡単のため上記2次元の濃淡画像の断面に相当する1次元の関数f(x)を考える。モーフォロジー演算に用いる構造要素gは次式(1)に示すように、原点について対称な対称関数

【0028】

【数1】

※【0030】

※【数2】

【0032】

【数3】



(7)

$$\text{dilation: } [f \oplus G^s](i) = \max\{f(i-m), \dots, f(i), \dots, f(i+m)\} \quad (3)$$

$$\text{erosion: } [f \ominus G^s](i) = \min\{f(i-m), \dots, f(i), \dots, f(i+m)\} \quad (4)$$

$$\text{opening: } f_a = (f \ominus g^s) \oplus g \quad (5)$$

$$\text{closing: } f^a = (f \oplus g^s) \ominus g \quad (6)$$

【0033】すなわち、ダイレーション (dilation) 処理は、注目画素を中心とした、±m (構造要素Bに応じて決定される値であって、図12中のマスクサイズに相当) の幅の範囲内の最大値を探索する処理であり (図12 (a) 参照)、一方、エロージョン (erosion) 処理は、注目画素を中心とした、±mの幅の範囲内の最小値を探索する処理である (図12 (b) 参照)。また、オープニング (opening) 処理はエロージョン処理後にダイレーション処理を行う処理、すなわち最小値の探索の後に最大値を探索する処理であり、クロージング (closing) 処理は、ダイレーション処理後にエロージョン処理を行う処理、すなわち最大値の探索の後に最小値を探索する処理に相当する。

【0034】つまりオープニング処理は、低輝度側から濃度曲線  $f(x)$  を滑らかにし、マスクサイズ  $2m$  より空間的に狭い範囲で変動する凸状の濃度変動部分 (周囲部分よりも輝度が高い部分) を取り除くことに相当する (図12 (c) 参照)。一方、クロージング処理は、高輝度側から濃度曲線  $f(x)$  を滑らかにし、マスクサイズ  $2m$  より空間的に狭い範囲で変動する凹状の濃度変動部分 (周囲部分よりも輝度が低い部分) を取り除くことに相当する (図12 (d) 参照)。

【0035】なお、構造要素  $g$  が原点に対して対称ではない場合の、式 (3) に示すダイレーション演算をミンコフスキー (Minkowski) 和、式 (4) に示すエロージョン演算をミンコフスキー差という。

【0036】ここで、濃度の高いもの程大きな値となる高濃度高信号レベルの信号の場合においては、濃度値  $f(x)$  の画像信号値が高輝度高信号レベルの場合に対して大小関係が逆転するため、高濃度高信号レベルの信号に対するダイレーション処理と高輝度高信号レベルに対するエロージョン処理 (図12 (b)) とは一致し、高濃度高信号レベルの信号に対するエロージョン処理と高輝度高信号レベルに対するダイレーション処理 (図12 (a)) とは一致し、高濃度高信号レベルの信号に対するオープニング処理と高輝度高信号レベルに対するクロージング処理 (図12 (d)) とは一致し、高濃度高信号レベルの信号に対するクロージング処理と高輝度高信号レベルに対するオープニング処理 (図12 (c)) とは一致する。

【0037】したがって、上記モーフォロジー処理をノイズ抽出に適用した場合、画像信号が高輝度高信号レベルの場合には、オープニング処理により画像中に含まれる多重構造要素よりも小さい黒色のノイズが除去される

が白色のノイズが残り、クロージング処理により画像中に含まれる多重構造要素よりも小さい白色のノイズが除去されるが黒色のノイズが残ることとなる。このため、例えばオープニング処理およびクロージング処理により得られる信号の差分信号を求めることにより、この差分信号は画像中に含まれる多重構造要素よりも小さい黒色および白色のノイズの部分にのみ正または負の信号値を有するものとなる。したがって、周波数帯域画像信号に対してモーフォロジー処理を施してオープニング処理が施された信号およびクロージング処理が施された信号を求め、これらの信号の差分信号を求めることにより、周波数帯域画像信号に含まれるノイズ成分を抽出することができる。

【0038】本発明による第1の画像処理装置は、上記本発明による第1の画像処理方法を実施するためのものであり、画像信号に対して多重解像度変換処理を施す多重解像度変換処理手段と、該多重解像度変換処理手段において前記画像信号を複数の周波数帯域毎の画像を表す周波数帯域画像信号に分解する過程において得られる所定の周波数帯域の所定周波数帯域画像信号に対してノイズ抽出処理を施すノイズ抽出処理手段と、該ノイズ抽出処理の結果に基づいて該所定周波数帯域画像信号に対してノイズ除去処理を施して処理済み周波数帯域画像信号を得るノイズ除去手段と、前記多重解像度変換処理手段において、該処理済み周波数帯域画像信号に対して多重解像度変換処理を施して前記所定周波数帯域よりも1段階低周波数帯域の周波数帯域画像信号を得、前記ノイズ抽出処理手段、前記ノイズ除去手段および前記多重解像度変換処理手段において、前記1段階低周波数帯域の周波数帯域画像信号を前記所定周波数帯域画像信号とする前記ノイズ抽出処理、前記ノイズ除去処理および前記多重解像度変換処理を所望とする周波数帯域まで繰り返すことにより、各周波数帯域毎の処理済み周波数帯域画像信号を得る制御手段と、前記処理済み周波数帯域画像信号に対して逆多重解像度変換処理を施すことにより処理済み画像信号を得る逆多重解像度変換処理手段とを備えたことを特徴とするものである。

【0039】本発明による第2の画像処理装置は、上記本発明による第2の画像処理方法を実施するためのものであり、画像信号に対して多重解像度変換処理を施して、該画像信号を複数の周波数帯域毎の画像を表す周波数帯域画像信号に分解する多重解像度変換処理手段と、前記周波数帯域画像信号に対して逆多重解像度変換処理を施す逆多重解像度変換処理手段と、該逆多重解像度変換

(8)

13

換処理手段において、前記逆多重解像度変換処理を施す過程において得られる所定の周波数帯域の所定周波数帯域画像信号に対してノイズ抽出処理を施すノイズ抽出処理手段と、該ノイズ抽出処理の結果に基づいて該所定周波数帯域画像信号に対してノイズ除去処理を施して処理済み周波数帯域画像信号を得るノイズ除去手段と、前記逆多重解像度変換処理手段において、前記処理済み周波数帯域画像信号に対して逆多重解像度変換処理を施して前記所定周波数帯域よりも1段階高周波数帯域の周波数帯域画像信号を得、前記ノイズ抽出処理手段、前記ノイズ除去手段および前記逆多重解像度変換処理手段において、前記1段階高周波数帯域の周波数帯域画像信号を前記所定周波数帯域画像信号とする前記ノイズ抽出処理、前記ノイズ除去処理および前記逆多重解像度変換処理を最高周波数帯域まで繰り返し行うことにより、処理済み画像信号を得る制御手段とを備えたことを特徴とするものである。

【0040】本発明による第3の画像処理装置は、上記本発明による第3の画像処理方法を実施するためのものであり、画像信号に対して多重解像度変換処理を施して、該画像信号を複数の周波数帯域毎の画像を表す周波数帯域画像信号に分解する多重解像度変換処理手段と、前記周波数帯域画像信号のうち所定の周波数帯域の所定周波数帯域画像信号に対してノイズ抽出処理を施すノイズ抽出処理手段と、該ノイズ抽出処理の結果に基づいて該所定周波数帯域画像信号に対してノイズ除去処理を施して処理済み周波数帯域画像信号を得るノイズ除去手段と、前記処理済み周波数帯域画像信号および他の周波数帯域の周波数帯域画像信号に対して逆多重解像度変換処理を施すことにより処理済み画像信号を得る逆多重解像度変換処理手段とを備えたことを特徴とするものである。

【0041】なお、本発明による第1から第3の画像処理装置においては、前記ノイズ抽出処理手段は、前記ノイズ抽出処理を、前記所定周波数帯域画像信号に対して、多重構造要素 $B_i$ およびスケール係数 $\lambda$ を用いたモーフォロジー演算を施すことにより行う手段であることが好ましい。

【0042】なお、本発明による第1から第3の画像処理方法を、コンピュータに実行させるためのプログラムとして、コンピュータ読取り可能な記録媒体に記録して提供してもよい。

【0043】

【発明の効果】本発明による第1の画像処理方法および装置によれば、画像信号を多重解像度変換する過程において得られる所定周波数帯域の所定周波数帯域画像信号に対してノイズ抽出処理が行われる。そして、ノイズ抽出の結果に基づいて、所定周波数帯域画像信号に対してノイズ除去処理が施されて処理済み周波数帯域画像信号が得られる。そしてこの処理済み周波数帯域画像信号を

14

多重解像度変換し、この変換により得られる所定周波数帯域よりも1段階低周波数帯域の周波数帯域画像信号を得る。そして、この1段階低周波数帯域の周波数帯域画像信号を所定周波数帯域とするノイズ抽出処理、ノイズ除去処理および多重解像度変換処理を所望とする周波数帯域まで繰り返し行って、各周波数帯域毎の処理済み周波数帯域画像信号を得る。すなわち、1段階低周波数帯域の周波数帯域画像信号に対してノイズ抽出処理およびノイズ除去処理を行って処理済み周波数帯域画像信号を得、さらにこの処理済み周波数帯域画像信号に対して多重解像度変換処理を施すことにより、さらに低周波数帯域の周波数帯域画像信号を得る処理を、所望とする周波数帯域まで繰り返し行って各周波数帯域毎の処理済み画像信号を得る。そしてこの処理済み周波数帯域画像信号に対して逆多重解像度変換処理を施して、最終的な処理済み画像信号を得る。

【0044】ここで、各周波数帯域毎の処理済み画像信号においてはノイズ除去処理が施されているため、最終的に得られる処理済み画像信号においても、所定周波数帯域以下の各周波数帯域におけるノイズ成分が除去されたものとなる。したがって、ノイズが除去された高画質の画像を再現可能な処理済み画像信号を得ることができる。

【0045】また、本発明による第2の画像処理方法および装置によれば、画像信号を多重解像度変換することにより複数の周波数帯域毎の周波数帯域画像信号が得られ、この周波数帯域画像信号を逆多重解像度変換する過程において得られる所定周波数帯域の所定周波数帯域画像信号に対してノイズ抽出処理が行われる。そして、ノイズ抽出の結果に基づいて、所定周波数帯域画像信号に対してノイズ除去処理が施されて処理済み周波数帯域画像信号が得られる。そしてこの処理済み周波数帯域画像信号を逆多重解像度変換し、この変換により得られる所定周波数帯域よりも1段階高周波数帯域の周波数帯域画像信号を得る。そして、この1段階高周波数帯域の周波数帯域画像信号を所定周波数帯域とするノイズ抽出処理、ノイズ除去処理および逆多重解像度変換処理を最終的な周波数帯域、すなわち多重解像度変換処理が施された画像信号により表される最高周波数帯域まで繰り返し行って、各周波数帯域毎の処理済み周波数帯域画像信号を得る。すなわち、1段階高周波数帯域の周波数帯域画像信号に対してノイズ抽出処理およびノイズ除去処理を行って処理済み周波数帯域画像信号を得、さらにこの処理済み周波数帯域画像信号に対して逆多重解像度変換処理を施すことにより、さらに高周波数帯域の周波数帯域画像信号を得る処理を、最高周波数帯域まで繰り返し行って最終的暗処理済み画像信号を得る。

【0046】ここで、各周波数帯域毎の処理済み画像信号においてはノイズ除去処理が施されているため、最終的に得られる処理済み画像信号においても、所定周波数

(9)

15

帯域以上の各周波数帯域におけるノイズ成分が除去されたものとなる。したがって、ノイズが除去された高画質の画像を再現可能な処理済み画像信号を得ることができる。

【0047】さらに、本発明による第3の画像処理方法および装置によれば、画像信号を多重解像度変換して複数の周波数帯域毎の周波数帯域画像信号を得、この周波数帯域画像信号のうち所定周波数帯域の所定周波数帯域画像信号に対してノイズ抽出処理が行われる。そして、ノイズ抽出の結果に基づいて、所定周波数帯域画像信号に対してノイズ除去処理が施されて処理済み周波数帯域画像信号が得られる。そしてノイズ除去処理が施された処理済み周波数帯域画像信号および他の周波数帯域画像信号に対して逆多重解像度変換処理を施すことにより処理済み画像信号を得る。

【0048】ここで、所定周波数帯域の処理済み周波数帯域画像信号においてはノイズ除去処理が施されているため、最終的に得られる処理済み画像信号においても、所定周波数帯域のノイズ成分が除去されたものとなる。したがって、ノイズが除去された高画質の画像を再現可能な処理済み画像信号を得ることができる。

【0049】また、本発明による第1から第3の画像処理方法および装置において、ノイズ抽出処理を、所定周波数帯域画像信号に対してモーフロジー演算を施して行うことにより、所望とする周波数帯域において多重構造要素 $B_i$ よりも空間的に狭い範囲で変動するノイズ成分のみに対応する画像信号だけを抽出することができ、この抽出結果に基づいて所定周波数帯域画像信号に対してノイズ除去処理を施すことにより、多重構造要素よりも大きい構造要素が残りノイズのみが除去された処理済み周波数帯域画像信号を得ることができる。

【0050】

【発明の実施の形態】以下図面を参照して本発明の実施形態について説明する。

【0051】図1は本発明の第1の実施形態による画像処理装置の構成を示す概略ブロック図である。図1に示すように本発明の第1の実施形態による画像処理装置1は、放射線画像を表す原画像信号 $S_{org}$ に対してウェーブレット変換を施すとともに、後述するようにモーフロジー処理によりノイズを抽出してノイズを除去する処理を施すウェーブレット変換手段2と、ウェーブレット変換手段2において得られたウェーブレット変換係数信号に対して逆ウェーブレット変換処理を施して処理済み画像信号 $S_{proc}$ を得る逆ウェーブレット変換手段3とを備える。

【0052】なお、本実施形態は、例えば特開昭55-12492号や特開昭56-11395号等に記録されている蓄積性蛍光体シートを利用した放射線画像情報記録再生システムにおいて、蓄積性蛍光体シートに記録された人体の放射線画像をレーザビーム走査によりデジタル画像信号として

16

読み取ったものを対象としている。なお、放射線画像の読み取りは、図2に示すように、蓄積性蛍光体シート10に対して主走査方向（横方向）にレーザビームを走査させながらシート10を副走査方向（縦方向）に移動させてシート10を2次元走査することにより行われたものである。

【0053】図3はウェーブレット変換手段2の構成を示す概略ブロック図である。なお、本実施形態においては、ウェーブレット変換の各係数が直交する直交ウェーブレット変換を行うものである。

【0054】まず、図3に示すように原画像信号 $S_{org}$ に対してウェーブレット変換部5においてウェーブレット変換が施される。図4はウェーブレット変換部5において行われる処理を示すブロック図である。図4に示すように、原画像信号 $S_{org}$ （信号 $L L k$ ）の主走査方向に基本ウェーブレット関数 $H$ 、 $G$ によりフィルタリング処理を行うとともに、主走査方向の画素を1画素おきに間引き（図中 $\downarrow 2$ で表す）、主走査方向の画素数を $1/2$ にする。ここで、関数 $H$ はハイパスフィルタであり、関数 $G$ はローパスフィルタである。さらに、この画素が間引かれた信号のそれぞれに対して副走査方向に関数 $H$ 、 $G$ によりフィルタリング処理を行うとともに、副走査方向の画素を1画素おきに間引き、副走査方向の画素数を $1/2$ にして、ウェーブレット変換係数信号（以下単に信号とすることもある） $H H 1$ 、 $H L 1$ 、 $L H 1$ 、 $L L 1$ （ $H H k+1$ 、 $H L k+1$ 、 $L H k+1$ 、 $L L k+1$ ）を得る。ここで、信号 $L L 1$ は原画像の縦横を $1/2$ に縮小した画像を表し、信号 $H L 1$ 、 $L H 1$ および $H H 1$ はそれぞれ原画像の $1/2$ 縮小画像において縦エッジ、横エッジおよび斜めエッジ成分の画像を表すものとなる。

【0055】次に、信号 $L L 1$ に対してモーフロジー処理部6においてモーフロジー処理を施して、信号 $L L 1$ に含まれるノイズを抽出する。図5はモーフロジー処理によるノイズ抽出を説明するための図である。なお、ここでは、ノイズを抽出する信号を $S$ として説明する。まず、信号 $S$ に対して下記の式（7）、（8）に示すクロージング処理およびオープニング処理を施して、クロージング処理信号 $S_{c l s}$ およびオープニング処理信号 $S_{o p n}$ を得る。ここで、信号 $S$ が図5（a）に示すプロファイルを有するものである場合、上述したようにクロージング処理により信号 $S$ により表される画像中に含まれる多重構造要素よりも小さい白色のノイズが除去され黒色のノイズが残る（図5（b））。一方、オープニング処理により信号 $S$ により表される画像中に含まれる多重構造要素よりも小さい黒色のノイズが除去され白色のノイズが残る（図5（c））。したがって、クロージング処理信号 $S_{c l s}$ とおよびオープニング処理信号 $S_{o p n}$ との差分信号 $\Delta S$ を求めることにより、図5（d）に示すように信号 $S$ に含まれるノイズのみを表す

(10)

17

信号を得ることができる。そして信号 $\Delta S$ において信号値を有する部分がノイズに対応する部分であり、それ以外の部分は原画像中に含まれる構造要素を表すものとな\*

$$ScIs = \min_{i=0 \sim n} \{(S \oplus \lambda Bi) \ominus \lambda Bi\}$$

$$Sopn = \max_{i=0 \sim n} \{(S \ominus \lambda Bi) \oplus \lambda Bi\}$$

但し、 $X \oplus \lambda Y$ は信号 $X$ に対する構造要素 $Y$ による $\lambda$ 回のミンコスキー和の演算、 $X \ominus \lambda Y$ は信号 $X$ に対する構造要素 $Y$ による $\lambda$ 回のミンコスキー差の演算を行うことを表す。

【0057】一方、ウェーブレット変換部5において得られた信号 $LL1$  ( $LLk$ ) に対してボケ信号作成部7において信号 $LL1$ のボケ信号が作成される。図6はボケ信号作成部7において行われる処理を示す概略ブロック図である。まず、信号 $LL1$ の主走査方向に基本ウェーブレット関数より求められる関数 $G$ によりフィルタリング処理を行うとともに、主走査方向の画素を1画素おきに間引き、主走査方向の画素数を $1/2$ にする。さらに、この画素が間引かれた信号に対して副走査方向に関数 $G$ によりフィルタリング処理を行うとともに、副走査方向の画素を1画素おきに間引き、副走査方向の画素数を $1/2$ にして、ウェーブレット変換係数信号 $LL2$  ( $LLk+1$ ) を得る。ここで、信号 $LL2$ は信号 $LL1$ により表される画像の縦横を $1/2$ に縮小した画像、すなわち原画像を縦横に $1/4$ に縮小した画像を表す。そして、信号 $LL2$ の主副両走査方向に対して画素間に1画素分の間隔をあける処理を行うとともに(図中 $\uparrow 2$ で表す)、関数 $G$ に対応する逆ウェーブレット変換関数 $G'$ によりフィルタリング処理を主副両方向に施して、信号 $LL1$ により表される画像よりもボケた画像を表すボケ信号 $LL1us$  ( $LLkus$ ) を得る。このボケ信号 $LL1us$ は信号 $LL1$ におけるノイズが除去されたものとなっている。なお、ボケ信号作成部7においては画素を間引くことなく関数 $G'$ によりフィルタリング処理を施すことによっても信号 $LL1$ のボケ信号 $LL1us$ を得ることができる。

【0058】そして、選択部8においてモーフロジー処理部6におけるノイズ抽出結果に基づいてノイズ除去処理を施して処理済み信号 $LL1'$ を得る。このノイズ除去処理は、モーフロジー処理部6において得られた差分信号 $\Delta S$ において信号値を有する画素についてはノイズが除去されたボケ信号 $LL1us$ の信号値を選択し、その他の画素については信号 $LL1$ の信号値を選択することにより行うものである。

【0059】そしてこのようにして得られた処理済み信号 $LL1'$ に対してさらにウェーブレット変換部5においてウェーブレット変換が施されて、信号 $HH2$ ,  $HL2$ ,  $LH2$ ,  $LL2$ が得られる。ここで、信号 $LL2$ は原画像の縦横を $1/4$ に縮小した画像を表し、信号 $HL$

18

\*る。

【0056】

【数4】

(7)

(8)

2、 $LH2$ および $HH2$ はそれぞれ原画像の $1/4$ 縮小画像において縦エッジ、横エッジおよび斜めエッジ成分の画像を表すものとなる。

【0060】次に、信号 $LL2$ に対して上記と同様にモーフロジー処理部6においてノイズが抽出され、ボケ信号作成部7において信号 $LL2$ のボケ信号 $LL2us$ が算出され、さらに選択部8においてモーフロジー処理部6におけるノイズ抽出結果に基づいてノイズ除去処理が行われて処理済み信号 $LL2'$ が得られる。

【0061】以下、上記と同様にして、各周波数帯域において得られる処理済み信号 $LLk'$ に対するウェーブレット変換、ノイズ除去処理を $n$ 回繰り返すことによりウェーブレット変換係数信号 $HH1 \sim HHn$ ,  $HL1 \sim HLn$ ,  $LH1 \sim LHn$ および処理済み信号 $LL1' \sim LLn'$ を得る。ここで、 $n$ 回目のウェーブレット変換により得られるウェーブレット変換係数信号 $HHn$ ,  $HLn$ ,  $LHn$ および処理済み信号 $LLn'$ は、原画像信号 $Sorg$ と比較して主副各方向の画素数が $(1/2)^n$ となっているため、各ウェーブレット変換係数信号は $n$ が大きいほど周波数帯域が低く、原画像データの周波数成分のうち低周波数成分を表すデータとなる。したがって、ウェーブレット変換係数信号 $HHk$  ( $k=0 \sim n$ , 以下同様) は、原画像信号 $Sorg$ の主副両方向の周波数の変化を表すものであり、 $k$ が大きいほど低周波信号となる。またウェーブレット変換係数信号 $HLk$ は原画像信号 $Sorg$ の主走査方向の周波数の変化を表すものであり、 $k$ が大きいほど低周波信号となる。さらにウェーブレット変換係数信号 $LHk$ は原画像信号 $Sorg$ の副走査方向の周波数の変化を表すものであり、 $k$ が大きいほど低周波信号となる。

【0062】ここで、図7にウェーブレット変換係数信号を複数の周波数帯域毎に示す。なお、図7においては便宜上2回目のウェーブレット変換を行った状態までを表すものとする。なお、図7において処理済み信号 $LL2'$ は原画像を主副各方向が $1/4$ に縮小した画像に対してノイズ除去処理を施したものとなっている。

【0063】次いで、上記のようにして得られたウェーブレット変換係数信号 $HHk$ ,  $HLk$ ,  $LHk$ および処理済み信号 $LLk'$ に対して逆ウェーブレット変換を施

(11)

19

す。図8は、逆ウェーブレット変換手段3の構成を示す概略ブロック図である。図8に示すように、最低周波数帯域のウェーブレット変換係数信号 $HH_n$ ,  $HL_n$ ,  $LH_n$ および処理済み信号 $LL_n'$ に対して逆ウェーブレット変換部9において逆ウェーブレット変換を施して処理済み信号 $LL_{n-1}'$ を得る。図9は逆ウェーブレット変換部9において行われる処理を示すブロック図である。図9に示すように信号 $LL_n'$  ( $LL_k'$ ) および信号 $LH_n$  ( $LH_k$ ) の副走査方向に対して画素間に1画素分の間隔をあける処理を行うとともに(図中↑2で表す)、関数 $G$ ,  $H$ に対応する逆ウェーブレット変換関数 $G'$ ,  $H'$ によりフィルタリング処理を副走査方向に施してこれらを加算し、さらに加算により得られた信号(第1の加算信号とする)の主走査方向に対して画素間に1画素分の間隔をあける処理を行うとともに、関数 $G'$ によりフィルタリング処理を主走査方向に施して第1の信号を得る。一方、信号 $HL_n$  ( $HL_k$ ) および信号 $HH_n$  ( $HH_k$ ) の副走査方向に対して画素間に1画素分の間隔をあける処理を行うとともに、関数 $G'$ ,  $H'$ によりフィルタリング処理を副走査方向に施してこれらを加算し、さらに加算により得られた信号(第2の加算信号とする)の主走査方向に対して画素間に1画素分の間隔をあける処理を行うとともに、関数 $H'$ によりフィルタリング処理を主走査方向に施して第2の信号を得る。そして第1および第2の信号を加算して処理済み信号 $LL_{n-1}'$  ( $LL_{k-1}'$ ) を得る。

【0064】次に、信号 $HH_{n-1}$ ,  $HL_{n-1}$ ,  $LH_{n-1}$ および処理済み信号 $LL_{n-1}'$ に対して上記と同様に逆ウェーブレット変換部9において逆ウェーブレット変換を行って、処理済み信号 $LL_{n-2}'$ を得る。そして、以下上記と同様にして逆ウェーブレット変換を最高周波数帯域まで繰り返すことにより処理済み画像信号 $Sproc$ が得られる。

【0065】ここで、各周波数帯域において得られる処理済み信号 $LL_k'$ はノイズ除去処理が施されているため、最終的に得られる処理済み画像信号 $Sproc$ においても、各周波数帯域におけるノイズ成分が除去されたものとなる。したがって、ノイズが除去された高画質の画像を再現可能な処理済み画像信号 $Sproc$ を得ることができる。また、信号 $LL_k$ に対してモーフロジー処理を施すことによりノイズを抽出しているため、多重構造要素 $Bi$ よりも空間的に狭い範囲で変動するノイズ成分のみに対応する信号だけを抽出することができ、この抽出結果に基づいて信号 $LL_k$ に対してノイズ除去処理を施すことにより、画像中に含まれるノイズよりも大きい構造要素が残りノイズのみが除去された処理済み画像信号 $Sproc$ を得ることができる。

【0066】なお、上記第1の実施形態においては信号 $LL_1$ 以下の周波数帯域の信号 $LL_k$ に対してノイズ除去処理を施しているが、これに限定されるものではな

20

く、所望とする周波数帯域以下の信号 $LL_k$ に対してノイズ除去処理を施すようにしてもよい。

【0067】次いで、本発明の第2の実施形態について説明する。第2の実施形態においては図1に示す画像処理装置1のウェーブレット変換手段2においてノイズ除去処理を行うことなくウェーブレット変換を行ってウェーブレット変換係数信号を得、逆ウェーブレット変換手段2において逆ウェーブレット変換を行う段階においてノイズ除去処理を行うものである。図10は第2の実施形態におけるウェーブレット変換手段2の構成を示す概略ブロック図である。図10に示すように原画像信号 $Sorg$ に対してウェーブレット変換部15においてウェーブレット変換が施されてウェーブレット変換係数信号 $HH_1$ ,  $HL_1$ ,  $LH_1$ ,  $LL_1$ を得る。ここで、信号 $LL_1$ は原画像の縦横を $1/2$ に縮小した画像を表し、信号 $HL_1$ ,  $LH_1$ および $HH_1$ はそれぞれ原画像の $1/2$ 縮小画像において縦エッジ、横エッジおよび斜めエッジ成分の画像を表すものとなる。なお、ウェーブレット変換部15において行われる処理は図4に示す処理と同一であるため詳細な説明は省略する。

【0068】そして信号 $LL_1$ に対してウェーブレット変換部15においてさらにウェーブレット変換が施されて、信号 $HH_2$ ,  $HL_2$ ,  $LH_2$ ,  $LL_2$ が得られる。ここで、信号 $LL_2$ は原画像の縦横を $1/4$ に縮小した画像を表し、信号 $HL_2$ ,  $LH_2$ および $HH_2$ はそれぞれ原画像の $1/4$ 縮小画像において縦エッジ、横エッジおよび斜めエッジ成分の画像を表すものとなる。さらに、上記と同様に信号 $LL_k$ に対するウェーブレット変換を繰り返すことにより、ウェーブレット変換係数信号 $HH_1 \sim HH_n$ ,  $HL_1 \sim HL_n$ ,  $LH_1 \sim LH_n$ ,  $LL_1 \sim LL_n$ を得る。

【0069】次いで、上記のようにして得られたウェーブレット変換係数信号 $HH_k$ ,  $HL_k$ ,  $LH_k$ ,  $LL_k$  ( $k=1 \sim n$ )に対して逆ウェーブレット変換を施す。図11は、第2の実施形態における逆ウェーブレット変換手段3の構成を示す概略ブロック図である。図11に示すように、最低周波数帯域のウェーブレット変換係数信号 $HH_n$ ,  $HL_n$ ,  $LH_n$ ,  $LL_n$ に対して逆ウェーブレット変換部19において逆ウェーブレット変換を施して信号 $LL_{n-1}$ を得る。なお、逆ウェーブレット変換部19において行われる処理は図9に示す処理と同一であるため詳細な説明は省略する。次に、ボケ信号作成部17において、ウェーブレット変換係数信号 $LL_n$ に基づいて信号 $LL_{n-1}$ のボケ信号 $LL_{n-1}us$ が作成される。このボケ信号 $LL_{n-1}us$ は信号 $LL_{n-1}$ におけるノイズが除去されたものとなっている。なお、ボケ信号作成部17において行われる処理は図6に示す処理における信号 $LL_k+1$ からボケ信号 $LL_kus$ を求める処理と同一であるため詳細な説明は省略する。

【0070】一方、信号 $LL_{n-1}$ に対してモーフオリ



(12)

21

ジー処理部16においてモーフロジー処理を施して、信号 $LLn-1$ に含まれるノイズを抽出する。このモーフロジー処理部16におけるノイズ抽出処理は上記第1の実施形態におけるモーフロジー処理部6における処理と同一であるため詳細な説明は省略する。そして、選択部18においてモーフロジー処理部16におけるノイズ抽出結果に基づいてノイズ除去処理を施して処理済み信号 $LLn-1'$ を得る。このノイズ除去処理は、上記第1の実施形態における選択部18における処理と同一であるため詳細な説明は省略する。

【0071】そしてこのようにして得られた処理済み信号 $LLn-1'$ および最低周波数帯域の1段高周波数帯域側のウェーブレット変換係数信号 $HHn-1$ ,  $HLn-1$ ,  $LHn-1$ に対して逆ウェーブレット変換を施して信号 $LLn-2''$ を得る。ここで、信号 $LLn-2''$ は信号 $LL2$ のノイズが除去された信号となっている。そして、このようにして得られた信号 $LLn-2''$ に対して上記と同様にモーフロジー処理部16においてノイズが抽出され、ボケ信号作成部17において信号 $LLn-2''$ のボケ信号 $LLn-2us$ が算出され、さら

に選択部18においてモーフロジー処理部16におけるノイズ抽出結果に基づいてノイズ除去処理が行われて処理済み信号 $LLn-2'$ が得られる。

【0072】以下、上記と同様にして処理済み信号 $LLk'$ およびウェーブレット変換係数信号 $HHk$ ,  $HLk$ ,  $LHk$ に対する逆ウェーブレット変換およびノイズ除去処理が最高周波数帯域の信号 $HH1$ ,  $HL1$ ,  $LH1$ および処理済み信号 $LL1'$ まで行われ、さらにこれらの信号 $HH1$ ,  $HL1$ ,  $LH1$ ,  $LL1'$ に対して逆

ウェーブレット変換を施して処理済み画像信号 $Sproc$ が得られる。

【0073】ここで、逆ウェーブレット変換およびノイズ除去処理により得られる各周波数帯域の処理済み信号 $LLk'$ はノイズ除去処理が施されているため、最終的に得られる処理済み画像信号 $Sproc$ においても、各周波数帯域におけるノイズ成分が除去されたものとなる。したがって、ノイズが除去された高画質の画像を再現可能な処理済み画像信号 $Sproc$ を得ることができる。また、信号 $LLk$ に対してモーフロジー処理を施すことによ

$$LLk' = \alpha \cdot LLkus + (1 - \alpha) \cdot LLk \quad (9)$$

但し、 $\alpha$ は重み付け係数でありモーフロジー処理部6, 16において求められた差分信号 $\Delta S$ の値が大きいほど1に近い値となる。

【0078】この場合、放射線画像を撮影した際の放射線量が少ない場合には、原画像信号 $Sorg$ にノイズが多く含まれるため、撮影時の放射線量が多いほどボケ信号 $LLkus$ の重み付けを大きくするようにしてもよい。さらに、放射線画像を読み取る際の感度が高いほど原画像信号 $Sorg$ にノイズが多く含まれるため、放射線画像を読み取る際の感度が高いほど重み付け係数を大きくする

22

\*りノイズを抽出しているため、多重構造要素 $Bi$ よりも空間的に狭い範囲で変動するノイズ成分にのみ対応する信号だけを抽出することができ、この抽出結果に基づいて信号 $LLk$ に対してノイズ除去処理を施すことにより、画像中に含まれるノイズよりも大きい構造要素が残りノイズのみが除去された処理済み画像信号 $Sproc$ を得ることができる。

【0074】なお、上記第2の実施形態においては最低周波数帯域以上の周波数帯域の信号 $LLk$ に対してノイズ除去処理を施しているが、これに限定されるものではなく、所望とする周波数帯域以上の信号 $LLk$ に対してノイズ除去処理を施すようにしてもよい。

【0075】次いで、本発明の第3の実施形態について説明する。第3の実施形態においては、上記第2の実施形態と同様に原画像信号 $Sorg$ に対してウェーブレット変換を施してウェーブレット変換係数信号 $HH1 \sim HHn$ ,  $HL1 \sim HLn$ ,  $LH1 \sim LHn$ ,  $LL1 \sim LLn$ を得、所望とする周波数帯域の信号 $LL1 \sim LLn$ に対してのみ上記ノイズ除去処理を施して処理済み信号 $LLi'$  ( $i$ は所望とする周波数帯域に対応する)を得、処理済み信号 $LLi'$ およびノイズ除去処理を施さなかった信号 $LLk$ に基づいて、信号 $HH1 \sim HHn$ ,  $HL1 \sim HLn$ ,  $LH1 \sim LHn$ とともに逆ウェーブレット変換を施して処理済み画像信号 $Sproc$ を得るものである。このように、ウェーブレット変換により得られる信号 $LL1 \sim LLn$ のうち所望とする周波数帯域の信号に対してのみノイズ抽出処理を施すことによっても、所望とする周波数帯域のノイズが除去された高画質の画像を再現可能な処理済み画像信号 $Sproc$ を得ることができる。

【0076】なお、上記第1から第3の実施形態においては、選択部8, 18においてモーフロジー処理部6, 16におけるノイズ抽出結果に基づいて、信号 $LLk$ およびボケ信号 $LLkus$ を選択して処理済み信号 $LLk'$ を作成しているが、ノイズ抽出結果に基づいて信号 $LLk$ およびボケ信号 $LLkus$ を重み付け加算して処理済み信号 $LLk'$ を作成してもよい。具体的には、下記の式(9)により各画素の信号値を重み付け加算して処理済み信号 $LLk'$ を得ればよい。

【0077】

ようにしてもよい。また、原画像信号 $Sorg$ の階調の傾きが大きいほどノイズが目立つようになるため、原画像信号 $Sorg$ の階調の傾きが大きいほど重み係数を大きくするようにしてもよい。

【0079】一方、画像信号の保存形式としては、JPEG、GIF、TIFF等種々の形式が存在するが、近年画像信号を解像度毎に階層的に分解し、各階層毎のデータ(階層データ)を符号化して圧縮保管するファイル形式が提案されている。このファイル形式は、具体的には画像信号をウェーブレット変換等により複数の解像度

(13)

23

毎の階層データに分解し、この分解された各解像度毎の階層データを階層順に符号化して1つのファイルとして圧縮して保管するものである。したがって、このようなファイル形式の画像信号を作成する場合に、本発明によるノイズ除去処理を同時に行うことにより、ノイズのない画像を再現可能なファイル形式の画像データを作成することができる。また、本発明によるノイズ除去処理と、画像信号を階層化して圧縮する処理とを同時に行うことができるため、効率よく画像信号を圧縮することができる。

【0080】また、例えば人体の胸部のように軟部および骨部から構成された被写体に互いにエネルギーの異なる放射線を照射して複数の放射線画像を得、これら複数の放射線画像を読み取ってこれら複数の放射線画像のそれぞれを表す複数の画像信号を得、これら複数の画像信号に基づいてエネルギーサブトラクション処理を行って被写体の主として軟部が記録された軟部画像を表す軟部画像信号もしくは被写体の主として骨部が記録された骨部画像を表す骨部画像信号を求め、求められた軟部画像もしくは骨部画像を観察の対象とする場合がある。この場合において、軟部画像もしくは骨部画像のノイズ成分を低減するために、骨部画像信号に対して平滑化処理を施して第1の平滑化画像信号を求め、原画像信号から第1の平滑化画像信号を減算することにより軟部画像を表す軟部画像信号を求める第1の処理を行い、さらに軟部画像信号に対して平滑化処理を施して第2の平滑化画像信号を求め、原画像信号から第2の平滑化画像信号を減算することにより、ノイズが除去された骨部画像信号を求める第2の処理を行い、上記第1および第2の処理を繰り返すことにより、ノイズ成分を低減するようにしたエネルギーサブトラクション画像生成方法が提案されている(例えば特開平5-236351号)。ここで、このようなエネルギーサブトラクション画像生成方法において、平滑化画像を求める際に、本発明によるノイズ除去処理を施すようにしてもよいものである。このように、エネルギーサブトラクション画像生成方法において、本発明によるノイズ除去処理を施すことによって平滑化画像信号を求めることにより、ノイズ成分のみを適切に低減することができる、これによりノイズのない高画質の軟部画像もしくは骨部画像を得ることができる。

【0081】また、上記実施形態においては、原画像信号Sorgに対してウェーブレット変換を施すことにより得られる信号あるいは逆ウェーブレット変換を施す際に得られる信号に対して、上述したようなノイズ除去処理を施しているが、ウェーブレット変換のみならずラプラシアンピラミッド等、原画像信号Sorgを多重解像度変換する手法において得られる所定周波数帯域画像信号に対しても、上記と同様にノイズ除去処理を施すことができる。

【0082】さらに、上記実施形態においては、モーフ

24

ォロジー処理部6、16においてクロージング処理信号Sc1sとオープニング処理信号Sopnとの差分信号 $\Delta S$ に基づいてノイズ抽出処理を行っているが、図5(e)に示すようにクロージング処理信号Sc1sおよびオープニング処理信号Sopnの平均値 $(Sc1s + Sopn) / 2$ を求め、これと信号Sとの差分信号(図5(f))を求め、この図5(f)に示す差分信号に基づいて、信号Sに含まれるノイズのみを表す信号を得るようにしてもよい。

10 【0083】また、上記実施形態においては、ウェーブレット変換あるいは逆ウェーブレット変換により得られるウェーブレット変換係数信号LLkに対してノイズ除去処理を施しているが、信号LLk以外の他のウェーブレット変換係数信号HHk、HLk、LHkのそれぞれに対して上記第1から第3の実施形態と同様にノイズ除去処理を施してもよく、全てのウェーブレット変換係数信号HHk、HLk、LHk、LLkに対してノイズ除去処理を施してもよい。この場合、ノイズ除去処理を施すことにより得られる処理済み信号をHHk'、HLk'、LHk'、LLk'とし、この処理済み信号HHk'、HLk'、LHk'、LLk'を用いて逆ウェーブレット変換を行うことにより最終的な処理済み画像信号Sprocを得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態による画像処理装置の構成を示す概略ブロック図

【図2】本発明に用いられる画像信号の読み取り方式を表す図

30 【図3】第1の実施形態におけるウェーブレット変換手段の構成を示す概略ブロック図

【図4】ウェーブレット変換部において行われる処理を示す図

【図5】モーフォロジー処理部において行われる処理を説明するための図

【図6】ボケ信号作成部において行われる処理を示す図

【図7】ウェーブレット変換係数信号を複数の周波数帯域毎に示す図

【図8】第1の実施形態における逆ウェーブレット変換手段の構成を示す概略ブロック図

40 【図9】逆ウェーブレット変換部において行われる処理を示す図

【図10】第2の実施形態におけるウェーブレット変換手段の構成を示す概略ブロック図

【図11】第2の実施形態における逆ウェーブレット変換手段の構成を示す概略ブロック図

【図12】モーフォロジー演算の基本的な作用を説明する図

【符号の説明】

- 1 画像処理装置
- 2 ウェーブレット変換手段



(14)

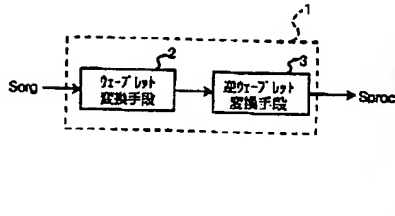
25

- 3 逆ウェーブレット変換手段  
5, 15 ウェーブレット変換部  
6, 16 モーフォロジー処理部

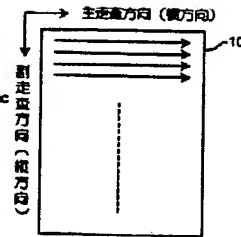
26

- 7, 17 ボケ信号作成部  
8, 18 選択部  
9, 19 逆ウェーブレット変換部

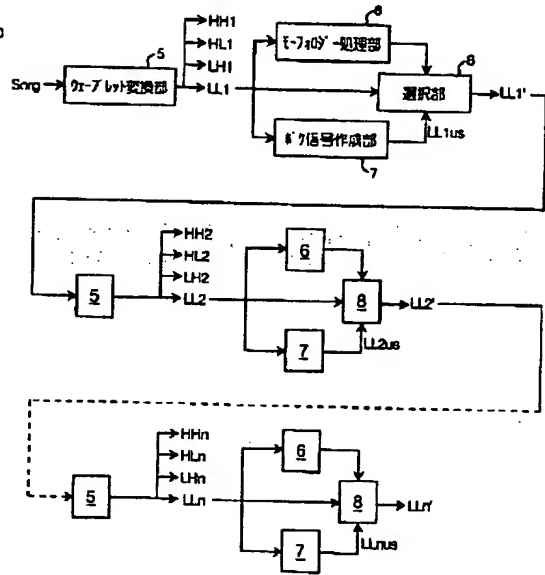
【図1】



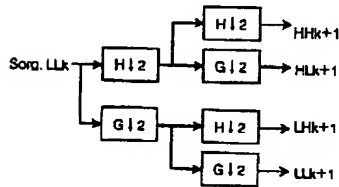
【図2】



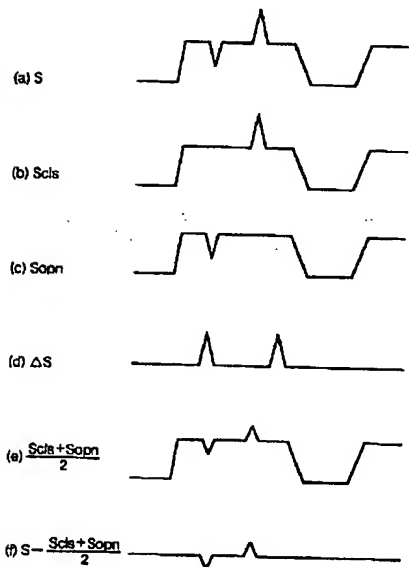
【図3】



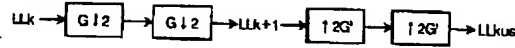
【図4】



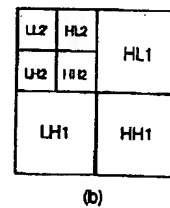
【図5】



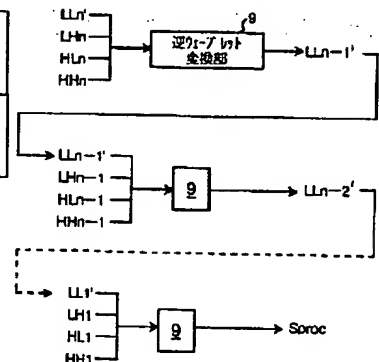
【図6】



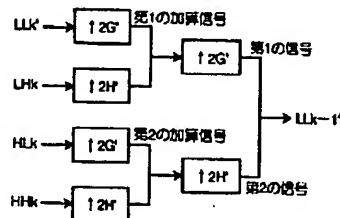
【図7】



【図8】

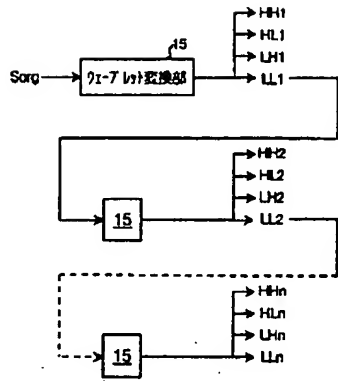


【図9】

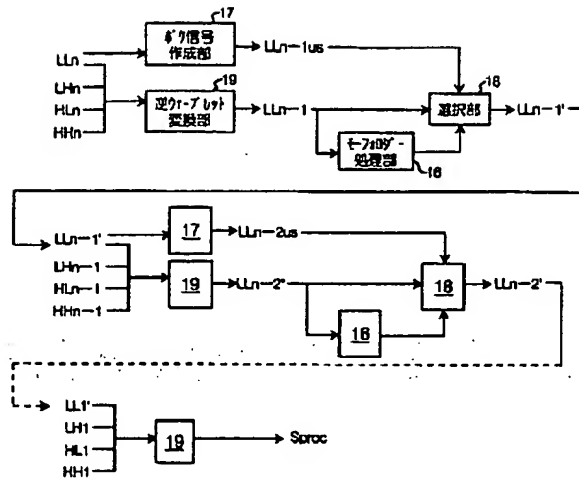


(15)

【図10】



【図11】



【図12】

